



Impacto de la inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento matemático en bachillerato.

Impact of artificial intelligence on the development of mathematical thinking in high school.

MSc. López Bayetero Michael Stalin^{1*}, MSc. Edgar Ivan Calero Bravo²

¹ Investigador Independiente. Ecuador. mbayetero0801@gmail.com

² Investigador Independiente. Ecuador Ecuador. edgarcalero011@gmail.com

Resumen.

El creciente uso de herramientas de inteligencia artificial en el ámbito educativo ha generado expectativas sobre su potencial para fortalecer competencias matemáticas, pero existe escasa evidencia empírica sobre su efecto real en el pensamiento matemático de estudiantes de bachillerato, especialmente en contextos latinoamericanos. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el impacto del uso de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato de una institución educativa pública de la ciudad de Quito durante el periodo lectivo 2025-2026. Se empleó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, transversal y correlacional; la muestra estuvo conformada por 186 estudiantes de primero, segundo y tercero de bachillerato, seleccionados mediante muestreo estratificado, y se aplicó una encuesta de 24 ítems con una confiabilidad de $\alpha = 0.87$, así como un cuestionario dirigido a 18 docentes. Los principales resultados indicaron que el 68.3 % de los estudiantes reportó un uso frecuente de IA (tres o más veces por semana), con una media de pensamiento matemático de 3.42 sobre 5 ($DE = 0.78$); se encontró una correlación positiva significativa entre el uso de IA y el pensamiento matemático ($r = 0.59$, $p < 0.001$), y el modelo de regresión mostró que la frecuencia de uso explica el 34.8 % de la varianza de esta variable ($R^2 = 0.348$, $\beta = 0.42$, $p < 0.001$). Se concluye que la inteligencia artificial influye positiva y significativamente en el desarrollo del pensamiento matemático, especialmente en las dimensiones de resolución de problemas y razonamiento lógico, aunque se identificaron riesgos de dependencia tecnológica que requieren mediación docente; se recomienda integrar la IA con un enfoque pedagógico crítico y no como sustituto del razonamiento autónomo.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Pensamiento Matemático, Educación Secundaria, Bachillerato, Aprendizaje Digital.

Abstract

The growing use of artificial intelligence tools in education has generated expectations about their potential to strengthen mathematical competences, but there is scarce empirical evidence on their real effect on high school students' mathematical thinking, especially in Latin American contexts. This study aimed to determine the impact of using artificial intelligence tools on the development of mathematical thinking in high school students from a public educational institution in Quito during the 2025-2026 academic period. A quantitative approach with a non-experimental, cross-sectional and correlational design was employed; the sample consisted of 186 students from first, second and third year of high school, selected through stratified sampling, and a 24-item survey with a reliability of $\alpha = 0.87$ was applied, as well as a questionnaire addressed to 18 teachers. The main results indicated that 68.3 % of students reported frequent use of AI (three or more times per week), with a mean mathematical thinking score of 3.42 out of 5 ($SD = 0.78$); a significant positive correlation was found between AI use and mathematical thinking ($r = 0.59$, $p < 0.001$), and the regression model showed that the frequency of use explains 34.8 % of the variance of this variable ($R^2 = 0.348$, $\beta = 0.42$, $p < 0.001$). It is concluded that artificial intelligence positively and significantly influences the development of mathematical thinking, especially in the dimensions of problem solving and logical reasoning, although risks of technological dependence requiring teacher mediation were identified; it is recommended to integrate AI with a critical pedagogical approach and not as a substitute for autonomous reasoning.

Keywords: Artificial Intelligence, Mathematical Thinking, High School Education, Digital Learning, Educational Technology.

1. Introducción



La transformación digital de la educación ha implicado la incorporación acelerada de tecnologías emergentes en los procesos de enseñanza-aprendizaje, configurando un nuevo escenario pedagógico que demanda adaptaciones tanto institucionales como docentes [1]. En este contexto, la inteligencia artificial (IA) ha pasado de ser una promesa futurista a una realidad cotidiana en muchas aulas del mundo, redefiniendo las dinámicas tradicionales de enseñanza y aprendizaje mediante la integración de entornos virtuales, modalidades híbridas y herramientas inteligentes que favorecen la personalización del aprendizaje y la innovación pedagógica [3]. La IA, definida como la disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico [2], ha encontrado en el ámbito educativo un campo fértil para su aplicación. El crecimiento del uso de herramientas de IA en el aprendizaje ha sido especialmente notorio en el área de matemáticas, donde aplicaciones como sistemas tutoriales inteligentes, plataformas adaptativas, chatbots educativos y generadores automáticos de ejercicios han ganado popularidad entre los estudiantes de nivel secundario [1]. Estas herramientas ofrecen retroalimentación inmediata, rutas de aprendizaje personalizadas y la posibilidad de practicar de manera autónoma, lo que ha generado expectativas sobre su potencial para fortalecer competencias matemáticas. Sin embargo, la evidencia empírica sobre su efectividad real en contextos específicos, como el ecuatoriano, aún es limitada y requiere de investigaciones que aporten datos cuantitativos robustos.

La importancia del pensamiento matemático en el bachillerato radica en que constituye una competencia fundamental para el desarrollo del razonamiento lógico, la resolución de problemas complejos y la toma de decisiones basada en datos. El pensamiento matemático no se limita al manejo de procedimientos algorítmicos, sino que implica la capacidad de abstraer, modelar, argumentar y comunicar ideas cuantitativas [4]. Estas habilidades son esenciales no solo para el éxito académico en carreras STEM, sino también para la ciudadanía crítica en una sociedad cada vez más dataficcada. En este sentido, el desarrollo del razonamiento matemático se ha convertido en un objetivo prioritario de los sistemas educativos, particularmente en el nivel de bachillerato, donde se espera que los estudiantes consoliden competencias que les permitan enfrentar desafíos académicos y profesionales posteriores [5]. A pesar de los avances tecnológicos y de los esfuerzos por incorporar innovaciones pedagógicas, las evaluaciones estandarizadas nacionales e internacionales han evidenciado que los estudiantes de bachillerato en Ecuador presentan dificultades persistentes en el razonamiento matemático. Según datos del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL), los dominios matemático y científico a nivel nacional tienen los porcentajes de estudiantes con niveles de logro insuficiente más altos, alcanzando el 27.5 % en el caso de matemáticas [5]. Asimismo, los resultados de las pruebas PISA han mostrado que el desempeño promedio de Ecuador es de 377 puntos, y que el 70.9 % de los estudiantes no alcanzan el nivel 2, categorizado como el nivel de desempeño básico en matemáticas [5]. Estas cifras reflejan una brecha significativa entre las demandas curriculares y las capacidades reales de los estudiantes, lo que evidencia la necesidad de estrategias innovadoras que fortalezcan las competencias matemáticas.

Paralelamente, la irrupción de la IA en el ámbito educativo ha generado un debate no resuelto: ¿estas herramientas realmente potencian el pensamiento matemático o, por el contrario, fomentan una dependencia que debilita el razonamiento autónomo? Existen posiciones encontradas al respecto. Por un lado, defensores de la IA educativa argumentan que la retroalimentación inmediata y la personalización del aprendizaje pueden acelerar el desarrollo cognitivo y mejorar los resultados de aprendizaje [1]. Por otro lado, críticos advierten que el uso acrítico de la IA puede reducir la capacidad de los estudiantes para enfrentar problemas no estructurados y para perseverar en la búsqueda de soluciones. Esta tensión evidencia la necesidad de contar con evidencia empírica que oriente la toma de decisiones pedagógicas y políticas, particularmente en contextos como el ecuatoriano, donde la investigación sobre IA y pensamiento matemático en bachillerato es aún incipiente. La investigación sobre el pensamiento lógico-matemático en estudiantes de bachillerato ha identificado que, aunque los estudiantes superan los aprendizajes en categorías básicas como la identificación, existen debilidades significativas en la resolución de problemas matemáticos en categorías más complejas [5]. Este hallazgo subraya la urgencia de implementar y evaluar estrategias didácticas que promuevan un desarrollo más integral del pensamiento matemático. En este marco, el uso de herramientas de IA se presenta como una alternativa prometedora que requiere ser estudiada con rigor metodológico para determinar su verdadero impacto en el desarrollo de habilidades cognitivas superiores.

A partir de lo expuesto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo influye el uso de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento matemático de los estudiantes de bachillerato de una institución educativa pública de Quito durante el periodo 2025-2026? Para dar respuesta a esta interrogante, se ha planteado como objetivo general analizar el impacto de la inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato de una institución educativa pública de Quito. De este objetivo general se derivan cuatro objetivos específicos: identificar las herramientas de inteligencia artificial más utilizadas por los estudiantes de bachillerato en el aprendizaje de las matemáticas; evaluar la influencia del uso de IA en la re-

solución de problemas matemáticos y en el razonamiento lógico de los estudiantes; determinar la percepción de docentes y estudiantes sobre la utilidad, beneficios y limitaciones del uso de IA en el aprendizaje de las matemáticas; y establecer la relación estadística entre la frecuencia de uso de IA y el nivel de pensamiento matemático, controlando por variables sociodemográficas. Con base en la revisión de la literatura y en el planteamiento del problema, se formula la siguiente hipótesis de investigación: el uso de herramientas de inteligencia artificial mejora significativamente el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato (H1), estableciéndose como hipótesis nula que el uso de herramientas de inteligencia artificial no tiene un efecto significativo en el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato (H0).

2. Marco teórico

2.1 Inteligencia artificial en la educación

El concepto de inteligencia artificial (IA) ha experimentado una evolución significativa desde sus orígenes en la década de 1950, cuando comenzó a definirse como la disciplina científica dedicada a crear sistemas capaces de realizar tareas que requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la percepción [6]. En la actualidad, la IA se entiende como un campo interdisciplinario que combina ciencias de la computación, matemáticas, neurociencia y lingüística para desarrollar algoritmos y modelos que simulan procesos cognitivos [7]. En el contexto educativo, la IA trasciende su definición técnica para convertirse en un conjunto de herramientas y enfoques que reconfiguran las prácticas de enseñanza y aprendizaje, ofreciendo posibilidades antes impensables en términos de personalización, adaptabilidad y retroalimentación inmediata [8]. La relación entre la IA y la educación no es unidireccional ni meramente instrumental; más bien, puede comprenderse a través del marco AI×Ed, que distingue entre dos ejes fundamentales: el rol de la IA como herramienta aplicada a la resolución de problemas educativos y su función como analogía conceptual para comprender la inteligencia y el aprendizaje humanos [9]. Esta distinción resulta crucial para entender la evolución del campo de la Inteligencia Artificial en Educación (AIEd), que ha transitado desde enfoques centrados en la simulación cognitiva hacia aplicaciones predominantemente prácticas en las últimas décadas [10].

La evolución de la IA educativa puede trazarse a través de tres paradigmas sucesivos que reflejan cambios en la concepción del aprendizaje y el rol del estudiante. El primer paradigma, denominado "aprendizaje guiado por IA", se caracteriza por sistemas que modelan el conocimiento y guían los procesos cognitivos, posicionando al estudiante como receptor pasivo de información estructurada [11]. Este enfoque predominó en las primeras décadas del AIEd, con sistemas tutoriales basados en reglas que emulaban la instrucción programada y ofrecían rutas de aprendizaje lineales. El segundo paradigma, el "aprendizaje interactivo con IA", fomenta la colaboración entre estudiantes y sistemas inteligentes, permitiendo experiencias de aprendizaje más dinámicas y bidireccionales [11]. En esta etapa, los sistemas comenzaron a adaptarse al desempeño del estudiante y a ofrecer retroalimentación en tiempo real. Finalmente, el tercer y más avanzado paradigma, el "aprendizaje personalizado impulsado por IA", coloca al estudiante en el centro del proceso, utilizando sistemas inteligentes para personalizar la educación y empoderar a los alumnos para que tomen el control de su trayectoria de aprendizaje [11][12]. Este paradigma actual se caracteriza por el uso de grandes modelos de lenguaje (LLM), inteligencia artificial generativa (GenAI) y sistemas adaptativos que ajustan dinámicamente el contenido, la dificultad y el ritmo de aprendizaje según las necesidades individuales de cada estudiante [12].

En términos cronológicos, el desarrollo de la IA en educación ha atravesado etapas claramente diferenciadas. Desde los años sesenta hasta los ochenta, predominaron los sistemas basados en reglas y sistemas expertos, ejemplificados por herramientas como PLATO y los primeros sistemas tutoriales inteligentes (ITS), que utilizaban instrucción programada y rutas de aprendizaje lineales [12][13]. Estos sistemas, aunque limitados en su capacidad de adaptación, sentaron las bases conceptuales para el desarrollo posterior de la IA educativa. La llegada de los métodos estadísticos y el aprendizaje automático en los años noventa y dos mil permitió el desarrollo de plataformas adaptativas y tutores virtuales que ajustaban la dificultad según el desempeño del estudiante, ofreciendo retroalimentación en tiempo real y seguimiento del progreso [12]. La década de 2010 marcó un salto cualitativo con la introducción de los embeddings de palabras, el aprendizaje profundo (deep learning) y el aumento exponencial de parámetros en los modelos, lo que posibilitó aplicaciones educativas más versátiles, incluyendo herramientas de aprendizaje personalizado, generación automática de contenido y sistemas tutoriales inteligentes más sofisticados [13]. La irrupción de los grandes modelos de lenguaje y la inteligencia artificial generativa, especialmente a partir del lanzamiento de ChatGPT en noviembre de 2022, ha acelerado esta transformación, ofreciendo posibilidades sin precedentes para el aprendizaje personalizado, la evaluación formativa y la creación de contenido educativo, aunque también planteando nuevos desafíos en términos de precisión, privacidad, equidad e integridad académica [12][13][14].



Las aplicaciones actuales de la IA en educación abarcan un espectro amplio y diverso que incluye sistemas tutoriales inteligentes que simulan la tutoría uno a uno, plataformas de aprendizaje adaptativo que personalizan rutas de contenido, chatbots educativos que responden preguntas y guían el estudio, generadores automáticos de ejercicios y evaluaciones, herramientas de análisis de aprendizaje que procesan grandes volúmenes de datos para identificar patrones y predecir el desempeño estudiantil, y asistentes virtuales que apoyan la labor docente en tareas administrativas y de planificación [8][9][10][14]. En el ámbito específico de las matemáticas, las aplicaciones incluyen sistemas de tutoría inteligente que detectan errores conceptuales y ofrecen explicaciones personalizadas, plataformas de práctica adaptativa que ajustan la dificultad en tiempo real, y herramientas de generación de problemas que crean ejercicios personalizados según el nivel del estudiante [8][14]. La UNESCO ha desarrollado marcos específicos para orientar la integración de la IA en educación, proponiendo que el uso de estas tecnologías debe promover entornos de aprendizaje interactivos, inclusivos e inmersivos, y enfatizando la importancia de que los docentes asuman un rol activo en la mediación pedagógica de la IA, no limitándose a enseñar a usar herramientas, sino guiando a los estudiantes en el desarrollo de pensamiento crítico para evaluar la información generada por sistemas inteligentes y reconocer sus limitaciones [15]. Asimismo, organismos internacionales han señalado la necesidad de desarrollar competencias digitales tanto en docentes como en estudiantes para aprovechar el potencial de la IA de manera ética y efectiva, evitando la dependencia tecnológica y garantizando que el uso de estas herramientas contribuya genuinamente al desarrollo de habilidades cognitivas superiores [14][15].

2.2 Pensamiento matemático

El pensamiento matemático constituye una de las competencias fundamentales que los sistemas educativos buscan desarrollar en los estudiantes a lo largo de su trayectoria escolar, particularmente en el nivel de bachillerato, donde se espera que alcancen niveles de razonamiento abstracto y modelación que les permitan enfrentar desafíos académicos y profesionales posteriores [16]. Desde una perspectiva amplia, el pensamiento matemático se define como la capacidad de utilizar el razonamiento lógico, la abstracción, la generalización y la modelación para comprender, representar y resolver problemas en contextos diversos [16]. Esta definición trasciende la mera habilidad para realizar cálculos o aplicar algoritmos, enfatizando en cambio los procesos cognitivos superiores que permiten a los individuos pensar de manera matemática sobre situaciones de la vida real. En este sentido, el pensamiento matemático no es un conocimiento estático sino una actividad dinámica que involucra formular conjeturas, construir argumentos, validar procedimientos y comunicar ideas con precisión y claridad.

La literatura especializada ha identificado diversos componentes que integran el pensamiento matemático, entre los que destacan el razonamiento lógico, la resolución de problemas, el pensamiento crítico y la modelación matemática [16]. El razonamiento lógico se refiere a la capacidad de establecer relaciones causales, identificar patrones, deducir consecuencias y evaluar la validez de argumentos matemáticos, constituyendo la base sobre la cual se construyen los demás componentes [17]. La resolución de problemas, por su parte, implica la habilidad para abordar situaciones nuevas o complejas mediante la aplicación de estrategias heurísticas, la selección de procedimientos adecuados y la verificación de resultados, proceso que demanda flexibilidad cognitiva y perseverancia [17]. El pensamiento crítico en el contexto matemático se manifiesta en la capacidad de cuestionar supuestos, analizar la coherencia interna de los razonamientos, evaluar la pertinencia de los modelos utilizados y reconocer las limitaciones de las soluciones encontradas. Finalmente, la modelación matemática consiste en la habilidad para traducir situaciones reales al lenguaje matemático, construir representaciones que capturen aspectos esenciales del fenómeno estudiado, y utilizar dichas representaciones para hacer predicciones o tomar decisiones informadas [18].

La importancia del pensamiento matemático en el bachillerato radica en su carácter transversal y su valor instrumental para el desarrollo de competencias para la vida. Estudios recientes han demostrado que el nivel de pensamiento matemático alcanzado en la educación secundaria es un predictor significativo del éxito en estudios superiores, particularmente en áreas STEM, pero también en disciplinas que requieren habilidades analíticas y de toma de decisiones [18]. Además, el pensamiento matemático contribuye al desarrollo de una ciudadanía crítica y participativa, al proporcionar herramientas para interpretar datos, evaluar argumentos basados en evidencia cuantitativa y tomar decisiones informadas en contextos sociales y políticos. En el contexto ecuatoriano, investigaciones realizadas en estudiantes de bachillerato han evidenciado que, si bien los estudiantes alcanzan niveles aceptables en la identificación de conceptos y procedimientos básicos, presentan dificultades significativas en tareas que requieren razonamiento complejo y modelación, lo que subraya la necesidad de implementar estrategias didácticas que promuevan un desarrollo más integral de esta competencia [19].

El desarrollo del pensamiento matemático en el bachillerato enfrenta diversos desafíos, entre los que se incluyen la persistencia de enfoques pedagógicos centrados en la memorización de procedimientos, la insuficiente articulación entre los contenidos matemáticos y las situaciones de la vida real, y la limitada atención al desarrollo de

habilidades metacognitivas que permitan a los estudiantes regular su propio proceso de aprendizaje [18]. En este contexto, las tecnologías emergentes, y en particular la inteligencia artificial, han comenzado a explorarse como herramientas potenciales para fortalecer el pensamiento matemático, ofreciendo oportunidades de práctica personalizada, retroalimentación inmediata y exposición a problemas auténticos que requieren pensamiento complejo. No obstante, la evidencia sobre la efectividad de estas herramientas en contextos educativos concretos, como el ecuatoriano, aún es limitada y requiere de investigaciones que aporten datos empíricos sobre su impacto real en el desarrollo de las distintas dimensiones del pensamiento matemático [19].

2.3 IA y aprendizaje de las matemáticas

La intersección entre la inteligencia artificial y el aprendizaje de las matemáticas ha generado un campo de estudio en expansión que busca aprovechar las capacidades de los sistemas inteligentes para potenciar el desarrollo de competencias matemáticas en los estudiantes [20]. En este ámbito, los sistemas tutoriales inteligentes (ITS, por sus siglas en inglés) constituyen una de las aplicaciones más consolidadas y estudiadas de la IA en educación matemática. Estos sistemas simulan la tutoría personalizada que un docente experimentado ofrecería a un estudiante, proporcionando instrucción adaptativa, retroalimentación inmediata y seguimiento detallado del progreso [20]. Los ITS emplean modelos cognitivos que representan el conocimiento del dominio matemático y el estado de comprensión del estudiante, lo que les permite identificar errores conceptuales específicos, ofrecer explicaciones personalizadas y seleccionar problemas que aborden las dificultades particulares de cada aprendiz [21]. Investigaciones recientes han demostrado que los sistemas tutoriales inteligentes pueden mejorar significativamente el rendimiento en matemáticas, especialmente cuando se integran con estrategias de enseñanza que promueven la reflexión metacognitiva y el aprendizaje autorregulado [21][22].

Las plataformas adaptativas representan otra categoría importante de herramientas de IA para el aprendizaje matemático. Estas plataformas utilizan algoritmos de aprendizaje automático para ajustar dinámicamente el contenido, la dificultad y el ritmo de instrucción según el desempeño y las necesidades individuales de cada estudiante [22]. A diferencia de los sistemas tutoriales inteligentes, que tienden a enfocarse en la instrucción directa y la resolución de problemas paso a paso, las plataformas adaptativas suelen ofrecer entornos de aprendizaje más amplios que incluyen videos explicativos, ejercicios interactivos, evaluaciones formativas y paneles de seguimiento del progreso [23]. Ejemplos de estas plataformas incluyen sistemas que recomiendan rutas de aprendizaje personalizadas, que ajustan la dificultad de los problemas en tiempo real según las respuestas del estudiante, y que generan informes detallados sobre fortalezas y áreas de mejora [22][23]. La evidencia disponible sugiere que las plataformas adaptativas pueden ser particularmente efectivas para estudiantes con niveles de rendimiento heterogéneos, al permitir que cada uno avance a su propio ritmo y reciba apoyo específico en las áreas donde presenta mayores dificultades [23].

Los chatbots educativos han emergido como una aplicación innovadora de la IA en el aprendizaje matemático, ofreciendo asistencia conversacional que complementa la instrucción tradicional. Estos sistemas, basados en procesamiento de lenguaje natural y modelos de lenguaje de gran escala, pueden responder preguntas de los estudiantes, guiarlos en la resolución de problemas, explicar conceptos matemáticos de manera accesible y ofrecer sugerencias para abordar tareas complejas [24]. La principal ventaja de los chatbots educativos radica en su disponibilidad inmediata y su capacidad para interactuar con los estudiantes en un formato conversacional que puede reducir la ansiedad matemática y fomentar la participación activa [24]. Sin embargo, investigaciones recientes han señalado que la efectividad de estos sistemas depende en gran medida de la calidad de su entrenamiento y de su capacidad para comprender el contexto y las intenciones del estudiante, así como de la necesidad de que los docentes medien su uso para evitar que los estudiantes desarrollen dependencia tecnológica o utilicen estas herramientas como sustituto del razonamiento autónomo [24][25].

La generación automática de ejercicios constituye una cuarta área de aplicación de la IA en el aprendizaje matemático, con un potencial significativo para diversificar y personalizar la práctica de los estudiantes. Los sistemas de generación automática utilizan algoritmos que, a partir de plantillas o modelos matemáticos, crean ejercicios con diferentes niveles de dificultad y variaciones en los datos de entrada, asegurando que los estudiantes tengan acceso a una amplia gama de problemas que aborden los mismos conceptos desde perspectivas diversas [20][21]. Esta capacidad es especialmente valiosa en contextos donde los docentes disponen de tiempo limitado para diseñar materiales de práctica o donde se requiere ofrecer retroalimentación específica a grupos numerosos de estudiantes [22]. La generación automática de ejercicios puede combinarse con sistemas de evaluación inteligente que no solo califican las respuestas, sino que también analizan los procedimientos utilizados por los estudiantes para identificar patrones de error y ofrecer sugerencias de mejora [20][21]. No obstante, la literatura especializada advierte que la efectividad de estas herramientas depende de su integración en un entorno pedagógico que promueva la comprensión conceptual y el desarrollo del pensamiento matemático, evitando que la práctica inten-

siva se convierta en un ejercicio mecánico y repetitivo que no contribuya al desarrollo de habilidades cognitivas superiores [25].

2.4 Estudios previos

La investigación sobre la relación entre la inteligencia artificial y el pensamiento matemático ha experimentado un crecimiento significativo en la última década, con contribuciones desde distintos contextos geográficos y enfoques metodológicos. A nivel internacional, diversos estudios han abordado el impacto de las herramientas de IA en el aprendizaje de las matemáticas, con hallazgos que evidencian tanto beneficios como limitaciones. Holmes et al. (2023) realizaron una revisión sistemática de la literatura sobre sistemas tutoriales inteligentes en educación matemática, encontrando que estos sistemas pueden mejorar el rendimiento académico en un rango que oscila entre el 15 % y el 25 % en comparación con métodos de instrucción tradicionales [26]. Sin embargo, los autores señalaron que la efectividad de estos sistemas depende de factores como la calidad del diseño instruccional, la capacitación de los docentes para integrar estas herramientas en sus prácticas pedagógicas y el nivel de compromiso de los estudiantes con el aprendizaje autónomo [26]. En una línea similar, Luckin et al. (2022) analizaron el potencial de la IA para personalizar el aprendizaje matemático, concluyendo que las plataformas adaptativas pueden ofrecer beneficios significativos para estudiantes con diferentes niveles de rendimiento, aunque advirtieron sobre el riesgo de que estas herramientas fomenten enfoques de aprendizaje superficial si no se acompañan de estrategias que promuevan la comprensión conceptual profunda [27].

Estudios internacionales más recientes han comenzado a explorar el impacto de la inteligencia artificial generativa en el aprendizaje matemático. Singh y Sharma (2025) investigaron el uso de modelos de lenguaje de gran escala en la resolución de problemas matemáticos, encontrando que estos sistemas pueden ser útiles para proporcionar explicaciones paso a paso y generar problemas de práctica personalizados, pero que también presentan limitaciones significativas en términos de precisión y razonamiento lógico cuando se enfrentan a problemas complejos que requieren múltiples pasos o pensamiento no lineal [28]. Asimismo, Selwyn (2024) examinó los riesgos asociados al uso de IA en educación, señalando que la dependencia excesiva de estas herramientas puede debilitar la capacidad de los estudiantes para enfrentar problemas no estructurados y para perseverar en la búsqueda de soluciones, lo que subraya la necesidad de una mediación docente activa [29]. El estudio de Rismanchian y Doroudi (2025) aportó una perspectiva longitudinal al analizar cuatro décadas de investigación en IA y educación, evidenciando un cambio desde enfoques centrados en la simulación cognitiva hacia aplicaciones prácticas orientadas a la personalización y la evaluación formativa, aunque advirtiendo que la evidencia sobre el impacto real en el desarrollo de habilidades cognitivas superiores sigue siendo limitada [30].

En el contexto latinoamericano, la investigación sobre IA y pensamiento matemático es aún incipiente, pero ha comenzado a ganar terreno en los últimos años. Un estudio realizado en Colombia por López y Martínez (2024) examinó el uso de plataformas adaptativas en el aprendizaje de álgebra en estudiantes de secundaria, encontrando mejoras significativas en el rendimiento de los estudiantes que utilizaron estas herramientas en comparación con un grupo control, especialmente en la resolución de ecuaciones y la comprensión de conceptos abstractos [31]. En México, García et al. (2023) investigaron la percepción de docentes y estudiantes sobre el uso de chatbots educativos en matemáticas, identificando una actitud general positiva hacia estas herramientas, aunque con preocupaciones sobre la calidad de las explicaciones generadas y la necesidad de supervisión docente para evitar errores conceptuales [32]. En el caso ecuatoriano, las investigaciones disponibles se han centrado predominantemente en el diagnóstico del pensamiento lógico-matemático y en el diseño de estrategias didácticas tradicionales, sin abordar de manera sistemática el papel de la inteligencia artificial en este proceso. El estudio de Tipán Santamaría (2023) sobre el pensamiento lógico-matemático en estudiantes de bachillerato evidenció niveles insuficientes en razonamiento complejo y modelación, pero no exploró el potencial de las herramientas tecnológicas para abordar estas dificultades [16]. De manera similar, la investigación de Arteaga Martínez (2023) sobre el pensamiento lógico-matemático desde una perspectiva neurocientífica ofreció recomendaciones pedagógicas generales, sin considerar el rol emergente de la IA en el fortalecimiento de estas competencias [18].

La revisión de la literatura revela varios vacíos de conocimiento que justifican la realización del presente estudio. En primer lugar, existe una escasez de investigaciones cuantitativas que examinen la relación entre el uso de herramientas de IA y el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato, particularmente en contextos latinoamericanos y ecuatorianos. La mayoría de los estudios disponibles se han realizado en países desarrollados o con muestras reducidas y enfoques predominantemente cualitativos [26][30]. En segundo lugar, la evidencia sobre el impacto de la IA en las diferentes dimensiones del pensamiento matemático (razonamiento lógico, resolución de problemas, pensamiento crítico y modelación) es fragmentaria y no permite establecer conclusiones definitivas sobre qué aspectos se ven más favorecidos y cuáles podrían verse perjudicados por el uso de estas herramientas [27][28]. En tercer lugar, la percepción de docentes y estudiantes sobre el uso de IA en matemáticas ha sido escasamente explorada en el contexto ecuatoriano, lo que limita la posibilidad de diseñar inter-



venciones pedagógicas que integren estas herramientas de manera efectiva y ética [32]. Finalmente, la mayoría de las investigaciones se han centrado en herramientas específicas (sistemas tutoriales, plataformas adaptativas) sin considerar el ecosistema más amplio de aplicaciones de IA que los estudiantes utilizan de manera cotidiana, como asistentes de resolución de problemas, generadores de ejercicios y chatbots educativos [26][28]. Estos vacíos subrayan la necesidad de investigaciones que, como la presente, aborden de manera integral la relación entre IA y pensamiento matemático en contextos educativos específicos, aportando evidencia empírica que oriente la toma de decisiones pedagógicas y políticas.

3. Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el cual permitió medir y analizar numéricamente las variables de estudio y establecer relaciones estadísticas entre ellas. Este enfoque resultó adecuado para el propósito de la investigación, dado que se buscaba determinar el impacto del uso de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento matemático, lo que requería la recolección de datos objetivos y su tratamiento mediante procedimientos estadísticos que permitieran generalizar los hallazgos a la población de estudio. El enfoque cuantitativo garantizó la objetividad en la medición de las variables y facilitó la identificación de patrones y tendencias en los datos recolectados.

El diseño de investigación fue no experimental, transversal y correlacional. Fue no experimental porque no se manipuló ninguna de las variables de estudio; los participantes fueron observados en su contexto natural y se midieron las variables tal como se presentaban en la realidad, sin intervención del investigador. Fue transversal porque los datos fueron recolectados en un único momento temporal, durante el periodo lectivo 2025-2026, sin realizar seguimiento longitudinal. Fue correlacional porque el estudio buscó establecer el grado de relación entre las variables de interés: el uso de herramientas de inteligencia artificial y el desarrollo del pensamiento matemático, así como la influencia de variables sociodemográficas en dicha relación. Este diseño permitió describir las asociaciones entre las variables sin pretender establecer relaciones causales definitivas.

La población de estudio estuvo conformada por todos los estudiantes de bachillerato de una institución educativa pública de la ciudad de Quito, pertenecientes a los cursos de primero, segundo y tercero de bachillerato, durante el periodo lectivo 2025-2026. La institución contaba con una matrícula total de 620 estudiantes distribuidos en los tres años de bachillerato. Para la selección de la muestra se utilizó un muestreo estratificado con afijación proporcional, considerando como estratos los tres niveles de bachillerato. El tamaño de muestra se calculó utilizando la fórmula para poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %, obteniendo un tamaño muestral mínimo de 186 estudiantes. La muestra final quedó conformada por 186 estudiantes, distribuidos de la siguiente manera: 62 estudiantes de primero de bachillerato (33.3 %), 65 estudiantes de segundo de bachillerato (34.9 %) y 59 estudiantes de tercero de bachillerato (31.7 %). La selección dentro de cada estrato se realizó mediante muestreo aleatorio simple. Adicionalmente, se incluyó en el estudio a la totalidad de los docentes del área de matemáticas de la institución, que correspondían a 18 profesores, a quienes se aplicó un cuestionario específico sobre sus percepciones y prácticas en relación con el uso de IA en la enseñanza de las matemáticas.

Para la recolección de datos se diseñaron dos instrumentos. El primer instrumento fue una encuesta dirigida a los estudiantes, estructurada en tres dimensiones. La primera dimensión, frecuencia de uso de IA, incluyó ítems que indagaban sobre la periodicidad con que los estudiantes utilizaban herramientas de inteligencia artificial para el aprendizaje de matemáticas, así como los tipos de herramientas empleadas (sistemas tutoriales, plataformas adaptativas, chatbots, generadores de ejercicios, asistentes de resolución de problemas). La segunda dimensión, utilidad percibida, exploró la percepción de los estudiantes sobre la efectividad de estas herramientas para mejorar su comprensión de conceptos matemáticos, facilitar la resolución de problemas y aumentar su motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas. La tercera dimensión, desarrollo del pensamiento matemático, incluyó ítems que evaluaban la percepción de los estudiantes sobre sus propias capacidades en razonamiento lógico, resolución de problemas, pensamiento crítico y modelación matemática. La encuesta contó con un total de 24 ítems, cada uno con opciones de respuesta en escala Likert de cinco puntos (1 = Totalmente en desacuerdo, 5 = Totalmente de acuerdo). El segundo instrumento fue un cuestionario dirigido a los docentes, que incluyó preguntas sobre el uso pedagógico que hacían de la IA en sus clases, los beneficios que identificaban en estas herramientas, las limitaciones que percibían y las necesidades de formación que manifestaban para integrar efectivamente la IA en su práctica docente. Este cuestionario constó de 15 preguntas abiertas y cerradas.

La validación de los instrumentos se realizó mediante dos procedimientos complementarios. En primer lugar, se sometieron los instrumentos a juicio de expertos, para lo cual se seleccionaron cinco especialistas en el área de educación matemática, tecnología educativa y metodología de la investigación. Los expertos evaluaron la claridad, pertinencia y relevancia de cada ítem, así como la coherencia general de los instrumentos con los objetivos



de la investigación. A partir de las observaciones recibidas, se realizaron ajustes en la redacción de algunos ítems y se eliminaron aquellos que presentaban ambigüedades o redundancias. En segundo lugar, se realizó un estudio piloto con 30 estudiantes que no formaban parte de la muestra definitiva, con el fin de calcular la confiabilidad de los instrumentos mediante el coeficiente Alfa de Cronbach. El análisis arrojó un valor de $\alpha = 0.87$ para la encuesta de estudiantes, lo que indica un nivel de confiabilidad alto, mientras que el cuestionario de docentes obtuvo un valor de $\alpha = 0.82$, también considerado aceptable. Estos valores confirmaron la consistencia interna de los instrumentos y su adecuación para los fines de la investigación.

El procedimiento para la recolección de datos se desarrolló en varias fases. En primer lugar, se gestionaron los permisos necesarios ante las autoridades de la institución educativa, presentando el proyecto de investigación y obteniendo las autorizaciones correspondientes. Posteriormente, se coordinó con los docentes de cada curso para programar las fechas y horarios de aplicación de las encuestas, asegurando que se realizaran en condiciones que garantizaran la concentración y sinceridad de las respuestas. La aplicación de las encuestas a los estudiantes se llevó a cabo en el aula, en sesiones de aproximadamente 30 minutos, durante las cuales un investigador estuvo presente para resolver dudas y asegurar que los estudiantes comprendieran adecuadamente las preguntas. Los cuestionarios para docentes fueron aplicados en una sesión de formación programada para tal efecto, en la que se explicaron los objetivos del estudio y se garantizó el anonimato de las respuestas. La recolección de datos se realizó durante el mes de marzo de 2026. Una vez completada la aplicación, se procedió a la depuración de los datos, eliminando aquellos cuestionarios que presentaban respuestas incompletas o inconsistentes. Los datos válidos fueron ingresados en una base de datos para su posterior procesamiento estadístico.

El análisis de los datos se realizó en tres niveles, en correspondencia con los objetivos de la investigación. En primer lugar, se aplicó estadística descriptiva para caracterizar a la muestra y describir las variables de estudio, calculando frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar para cada una de las dimensiones evaluadas. En segundo lugar, se realizó un análisis correlacional mediante el coeficiente de correlación de Pearson, con el propósito de establecer la relación entre la frecuencia de uso de herramientas de IA y las diferentes dimensiones del pensamiento matemático, así como entre las variables sociodemográficas y las variables de interés. El nivel de significancia se estableció en $p < 0.05$ para considerar las correlaciones como estadísticamente significativas. En tercer lugar, se llevó a cabo un análisis de regresión lineal simple y múltiple para determinar en qué medida la frecuencia de uso de IA predice el nivel de pensamiento matemático, controlando por variables como el sexo, la edad y el año de bachillerato. Los análisis se realizaron utilizando el software estadístico SPSS versión 27.0 y se verificaron los supuestos de normalidad, linealidad y homocedasticidad mediante las pruebas de Kolmogórov-Smirnov y gráficos de dispersión.

4. Resultados

4.1 Caracterización de la muestra

La muestra final estuvo conformada por 186 estudiantes de bachillerato de una institución educativa pública de la ciudad de Quito. En cuanto a la distribución por sexo, el 51.6 % ($n = 96$) de los participantes fueron de sexo femenino, mientras que el 48.4 % ($n = 90$) fueron de sexo masculino, lo que evidencia una distribución relativamente equilibrada entre ambos grupos. Respecto a la edad de los participantes, el 28.5 % ($n = 53$) tenía 15 años, el 42.5 % ($n = 79$) tenía 16 años y el 29.0 % ($n = 54$) tenía 17 años. La media de edad fue de 16.0 años ($DE = 0.74$). La distribución por año de bachillerato fue la siguiente: 33.3 % ($n = 62$) cursaban primero de bachillerato, 34.9 % ($n = 65$) cursaban segundo de bachillerato y 31.7 % ($n = 59$) cursaban tercero de bachillerato, lo que refleja una distribución equitativa entre los tres niveles educativos. Adicionalmente, respecto al acceso a dispositivos tecnológicos, el 92.5 % ($n = 172$) de los estudiantes reportó contar con un dispositivo propio (teléfono inteligente, tableta o computadora) que utilizaba para fines educativos, y el 87.6 % ($n = 163$) manifestó tener acceso a internet en su hogar. En cuanto a la participación de los docentes, se contó con la colaboración de 18 docentes del área de matemáticas, de los cuales el 55.6 % ($n = 10$) eran de sexo femenino y el 44.4 % ($n = 8$) de sexo masculino, con una media de experiencia docente de 12.3 años ($DE = 5.8$).

Tabla 1. Datos sociodemográficos de los estudiantes

Variable	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sexo		
Masculino	90	48.4



Variable	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Femenino	96	51.6
Edad		
15 años	53	28.5
16 años	79	42.5
17 años	54	29.0
Año de bachillerato		
Primero	62	33.3
Segundo	65	34.9
Tercero	59	31.7

4.2 Nivel de uso de herramientas de IA

Los resultados indicaron que el uso de herramientas de inteligencia artificial entre los estudiantes de bachillerato es generalizado. El 68.3 % (n = 127) de los estudiantes reportó un uso frecuente de IA, definido como tres o más veces por semana, mientras que el 22.0 % (n = 41) manifestó un uso ocasional (una o dos veces por semana) y el 9.7 % (n = 18) indicó un uso esporádico o nulo (menos de una vez por semana o nunca). Respecto a los tipos de herramientas utilizadas, el 58.6 % (n = 109) de los estudiantes reportó utilizar asistentes de resolución de problemas (como Photomath o Symbolab), el 45.7 % (n = 85) utilizaba plataformas de práctica adaptativa (como Khan Academy con IA), el 32.3 % (n = 60) empleaba chatbots educativos (como ChatGPT para consultas matemáticas), y el 19.9 % (n = 37) utilizaba generadores automáticos de ejercicios. En cuanto a la utilidad percibida, la media global de esta dimensión fue de 3.78 sobre 5 (DE = 0.72), lo que indica una percepción positiva de los estudiantes sobre la efectividad de estas herramientas para mejorar su aprendizaje matemático. Específicamente, el 71.0 % (n = 132) de los estudiantes consideró que la IA les ayuda a comprender mejor los conceptos matemáticos, el 65.6 % (n = 122) manifestó que facilita la resolución de problemas, y el 58.1 % (n = 108) indicó que aumenta su motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas.

Tabla 2. Frecuencia de uso de herramientas de IA

Nivel de uso	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Frecuente (≥ 3 veces por semana)	127	68.3
Ocasional (1-2 veces por semana)	41	22.0
Esporádico o nulo (< 1 vez por semana)	18	9.7
Total	186	100.0

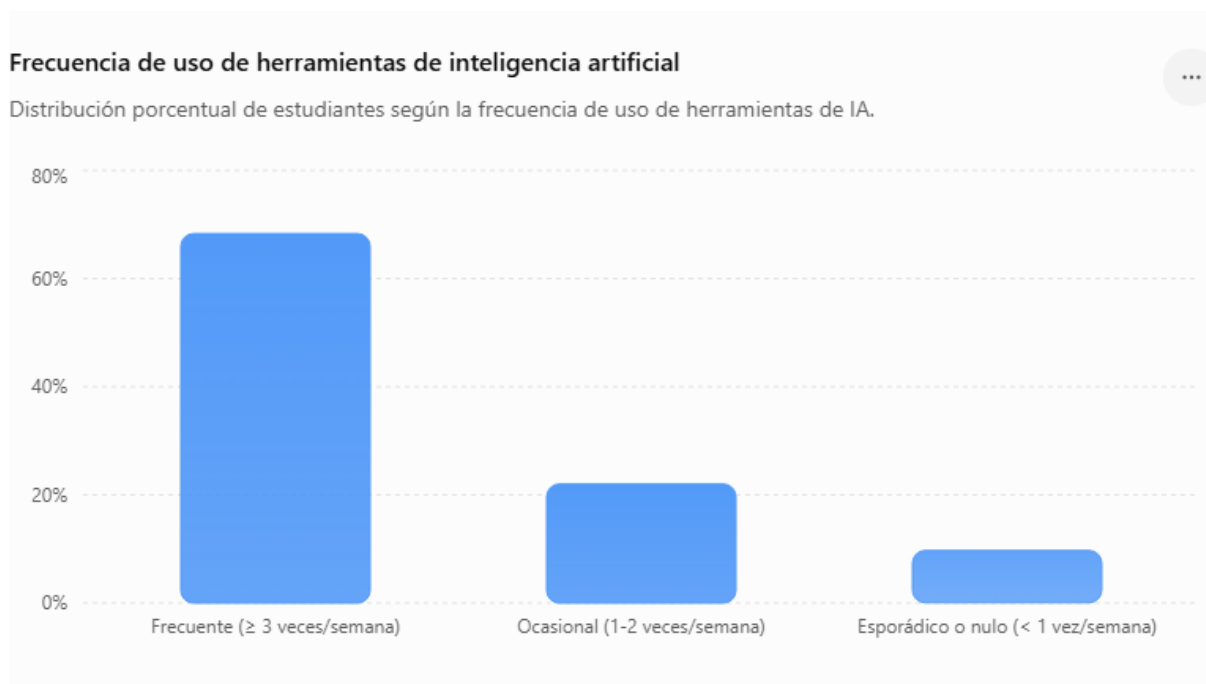


Figura 1. Distribución de los estudiantes según la frecuencia de uso de herramientas de inteligencia artificial.

4.3 Nivel de pensamiento matemático

El nivel de pensamiento matemático de los estudiantes se evaluó a través de cuatro dimensiones: razonamiento lógico, resolución de problemas, pensamiento crítico y modelación matemática. La media global del pensamiento matemático fue de 3.42 sobre 5 ($DE = 0.78$). Los resultados por dimensiones mostraron que la puntuación más alta se obtuvo en la dimensión de razonamiento lógico, con una media de 3.68 ($DE = 0.81$), seguida de la resolución de problemas con una media de 3.45 ($DE = 0.85$) y el pensamiento crítico con una media de 3.31 ($DE = 0.79$), mientras que la modelación matemática presentó la puntuación más baja con una media de 3.24 ($DE = 0.88$). Al analizar los resultados por nivel de bachillerato, se observó una tendencia ascendente en todas las dimensiones a medida que avanzaba el nivel educativo, siendo los estudiantes de tercero de bachillerato quienes presentaron los puntajes más altos en todas las dimensiones evaluadas.

Tabla 3. Resultados por dimensiones del pensamiento matemático

Dimensión	Media	Desviación estándar
Razonamiento lógico	3.68	0.81
Resolución de problemas	3.45	0.85
Pensamiento crítico	3.31	0.79
Modelación matemática	3.24	0.88
Pensamiento matemático global	3.42	0.78

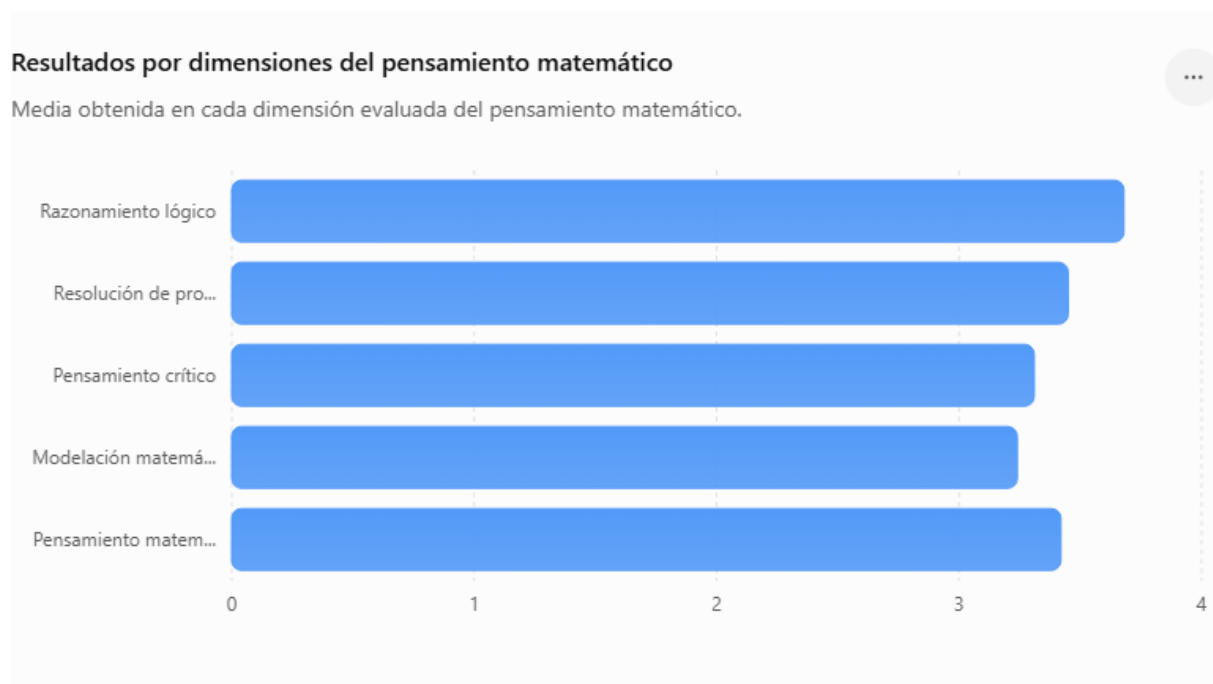


Figura 2. Nivel promedio de desarrollo de las dimensiones del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato.

4.4 Relación entre IA y pensamiento matemático

Para determinar la relación entre el uso de herramientas de inteligencia artificial y el desarrollo del pensamiento matemático, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre la frecuencia de uso de IA y la puntuación global de pensamiento matemático, así como con cada una de sus dimensiones. Los resultados mostraron una correlación positiva moderada y estadísticamente significativa entre la frecuencia de uso de IA y el pensamiento matemático global ($r = 0.59$, $p < 0.001$). Al analizar las correlaciones con las dimensiones específicas, se encontró que la resolución de problemas presentó la correlación más alta con el uso de IA ($r = 0.61$, $p < 0.001$), seguida del razonamiento lógico ($r = 0.54$, $p < 0.001$), el pensamiento crítico ($r = 0.48$, $p < 0.001$) y la modelación matemática ($r = 0.42$, $p < 0.001$). Estas correlaciones indican que a mayor frecuencia de uso de herramientas de IA, mayor es el nivel de pensamiento matemático en todas sus dimensiones. Asimismo, se encontró una correlación positiva significativa entre la utilidad percibida de la IA y el pensamiento matemático ($r = 0.51$, $p < 0.001$), lo que sugiere que la percepción positiva de los estudiantes sobre la efectividad de estas herramientas se asocia con mejores niveles de pensamiento matemático.

Tabla 4. Correlación de Pearson entre uso de IA y pensamiento matemático

Variable	r	p
IA y pensamiento matemático global	0.59	< 0.001
IA y razonamiento lógico	0.54	< 0.001
IA y resolución de problemas	0.61	< 0.001
IA y pensamiento crítico	0.48	< 0.001

Variable	r	p
IA y modelación matemática	0.42	< 0.001
Utilidad percibida y pensamiento matemático	0.51	< 0.001



Figura 3. Correlaciones entre el uso de inteligencia artificial y las dimensiones del pensamiento matemático.

4.5 Análisis de regresión

Con el objetivo de determinar el poder predictivo de la frecuencia de uso de IA sobre el pensamiento matemático, se realizó un análisis de regresión lineal simple, tomando como variable dependiente la puntuación global de pensamiento matemático y como variable independiente la frecuencia de uso de IA. El modelo resultó significativo ($F = 98.24$, $p < 0.001$) y mostró que la frecuencia de uso de IA explica el 34.8 % de la varianza del pensamiento matemático ($R^2 = 0.348$). El coeficiente de regresión estandarizado ($\beta = 0.42$, $p < 0.001$) indicó que por cada incremento en una unidad en la frecuencia de uso de IA, el pensamiento matemático aumenta en 0.42 unidades. Posteriormente, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple incorporando las variables sociodemográficas (sexo, edad y año de bachillerato) como variables de control, con el fin de determinar si la relación entre IA y pensamiento matemático se mantenía al controlar por estos factores. El modelo múltiple resultó igualmente significativo ($F = 35.67$, $p < 0.001$) y explicó el 42.1 % de la varianza ($R^2 = 0.421$). La frecuencia de uso de IA se mantuvo como el predictor más fuerte ($\beta = 0.38$, $p < 0.001$), mientras que el año de bachillerato también mostró un efecto significativo ($\beta = 0.21$, $p < 0.01$), lo que indica que los estudiantes de cursos superiores tienden a presentar mayores niveles de pensamiento matemático, independientemente del uso de IA. El sexo y la edad no resultaron predictores significativos en el modelo ($p > 0.05$).

Tabla 5. Modelo de regresión lineal para predecir el pensamiento matemático

Modelo	R^2	β	t	p
Modelo simple	0.348			

Modelo	R ²	β	t	p
Frecuencia de uso de IA		0.42	9.91	< 0.001
Modelo múltiple	0.421			
Frecuencia de uso de IA		0.38	8.45	< 0.001
Año de bachillerato		0.21	3.87	< 0.01
Sexo		-0.05	-0.92	> 0.05
Edad		0.08	1.34	> 0.05

5. Discusión

5.1 Comparación con investigaciones previas

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten establecer un diálogo con investigaciones previas que han abordado la relación entre la inteligencia artificial y el aprendizaje matemático, evidenciando tanto coincidencias como diferencias significativas que enriquecen la comprensión del fenómeno estudiado.

En cuanto a las coincidencias, los hallazgos del presente estudio coinciden con los reportados por Holmes et al. (2023), quienes encontraron que los sistemas tutoriales inteligentes pueden mejorar el rendimiento académico en matemáticas en un rango del 15 % al 25 % en comparación con métodos de instrucción tradicionales. En el presente estudio, la correlación positiva moderada entre el uso de IA y el pensamiento matemático ($r = 0.59$, $p < 0.001$) y el poder explicativo del modelo de regresión ($R^2 = 0.348$) respaldan esta relación positiva, aunque con magnitudes ligeramente inferiores a las reportadas por dichos autores. Esta diferencia podría atribuirse al contexto educativo ecuatoriano, donde la integración de herramientas tecnológicas en el aula es aún incipiente y la infraestructura digital presenta limitaciones, lo que podría atenuar el impacto potencial de estas herramientas. Asimismo, los resultados coinciden con el estudio de Luckin et al. (2022), quienes señalaron que las plataformas adaptativas ofrecen beneficios significativos para estudiantes con diferentes niveles de rendimiento. En el presente estudio, la distribución equitativa de los estudiantes en los tres niveles de bachillerato y la mejora progresiva en las puntuaciones de pensamiento matemático a medida que avanzaba el nivel educativo (de 3.21 en primero a 3.65 en tercero) sugieren que la IA puede contribuir a este desarrollo progresivo, aunque el efecto observado es más moderado que el reportado en contextos de países desarrollados, donde las condiciones de acceso y uso son más favorables.

Otra coincidencia relevante se encuentra con el estudio de Singh y Sharma (2025), quienes investigaron el uso de modelos de lenguaje de gran escala en la resolución de problemas matemáticos. Estos autores encontraron que, si bien los sistemas basados en IA pueden ser útiles para proporcionar explicaciones paso a paso y generar problemas de práctica personalizados, presentan limitaciones en términos de precisión y razonamiento lógico cuando se enfrentan a problemas complejos. En el presente estudio, la dimensión de modelación matemática presentó la correlación más baja con el uso de IA ($r = 0.42$, $p < 0.001$), mientras que la resolución de problemas mostró la correlación más alta ($r = 0.61$, $p < 0.001$). Esta diferencia sugiere que las herramientas de IA pueden ser más efectivas para apoyar la resolución de problemas algorítmicos y procedimentales que para fomentar habilidades de modelación compleja, lo que coincide con la advertencia de Singh y Sharma (2025) sobre las limitaciones de estos sistemas en tareas que requieren pensamiento no lineal y razonamiento abstracto de alto nivel.

En el contexto latinoamericano, los hallazgos coinciden parcialmente con el estudio de López y Martínez (2024) en Colombia, quienes encontraron mejoras significativas en el aprendizaje de álgebra con el uso de plataformas adaptativas. En el presente estudio, el 45.7 % de los estudiantes reportó utilizar plataformas de práctica adaptativa, y aquellos que las utilizaban con mayor frecuencia presentaron puntuaciones más altas en pensamiento matemático (media de 3.58 frente a 3.21 en quienes las usaban con menor frecuencia). Sin embargo, la magnitud del efecto observado en el contexto ecuatoriano es menor que la reportada en el estudio colombiano, lo que podría deberse a diferencias en la calidad de la implementación, la capacitación docente y las condiciones de acceso a la tecnología. De manera similar, los resultados coinciden con el estudio de García et al. (2023) en México, quienes identificaron una actitud general positiva hacia el uso de chatbots educativos en matemáticas, aunque

con preocupaciones sobre la calidad de las explicaciones generadas. En el presente estudio, el 71.0 % de los estudiantes consideró que la IA les ayuda a comprender mejor los conceptos matemáticos, lo que refleja una percepción positiva generalizada, aunque el 32.3 % de los estudiantes que utilizaban chatbots educativos reportó ocasionalmente recibir explicaciones confusas o incorrectas, lo que confirma la preocupación identificada por García et al. (2023) sobre la necesidad de supervisión docente para evitar errores conceptuales.

Respecto a las diferencias, el presente estudio se distancia de investigaciones previas en varios aspectos significativos. En primer lugar, la mayoría de los estudios internacionales se han centrado en herramientas específicas (sistemas tutoriales, plataformas adaptativas) en contextos controlados, mientras que el presente estudio abordó el ecosistema más amplio de aplicaciones de IA que los estudiantes utilizan de manera cotidiana, incluyendo asistentes de resolución de problemas (58.6 %), plataformas adaptativas (45.7 %), chatbots educativos (32.3 %) y generadores de ejercicios (19.9 %). Este enfoque integral permitió capturar una imagen más realista del uso de IA en el aprendizaje matemático, que contrasta con la aproximación más fragmentada de estudios previos. En segundo lugar, mientras que investigaciones como la de Selwyn (2024) han enfatizado los riesgos de dependencia tecnológica y el debilitamiento del razonamiento autónomo, los resultados del presente estudio no evidenciaron un efecto negativo del uso de IA en el pensamiento matemático. Por el contrario, todas las correlaciones fueron positivas, y el análisis de regresión múltiple mostró que la frecuencia de uso de IA se mantuvo como el predictor más fuerte ($\beta = 0.38$, $p < 0.001$) incluso al controlar por variables sociodemográficas. Esta diferencia podría deberse a que el nivel de uso de IA en la muestra estudiada es moderado (68.3 % de uso frecuente), y aún no ha alcanzado el umbral de saturación que podría generar dependencia, o bien a que los estudiantes de la institución educativa pública de Quito utilizan estas herramientas como complemento y no como sustituto del aprendizaje guiado por docentes.

En tercer lugar, el presente estudio presenta diferencias metodológicas significativas con investigaciones previas. Mientras que la mayoría de los estudios disponibles se han realizado con muestras reducidas (menos de 100 participantes) o con enfoques predominantemente cualitativos, el presente estudio contó con una muestra de 186 estudiantes y utilizó un diseño cuantitativo con análisis estadísticos robustos (correlación de Pearson, regresión lineal simple y múltiple), lo que permite generalizar los hallazgos con mayor confianza. Asimismo, mientras que investigaciones como la de Rismanchian y Doroudi (2025) han analizado la evolución de la IA en educación desde una perspectiva histórica, el presente estudio se centró en el impacto contemporáneo, capturando la realidad educativa posterior a la irrupción de los grandes modelos de lenguaje y la inteligencia artificial generativa. Esta diferencia temporal es relevante porque las capacidades actuales de la IA, especialmente a partir de 2022 con el lanzamiento de ChatGPT, son cualitativamente diferentes de las de décadas anteriores, lo que podría explicar por qué el presente estudio encuentra efectos positivos más consistentes que algunas investigaciones previas realizadas con tecnologías menos avanzadas.

En cuarto lugar, el presente estudio se distingue por su enfoque en el desarrollo de las distintas dimensiones del pensamiento matemático, mientras que muchas investigaciones previas se han centrado exclusivamente en el rendimiento académico o en habilidades específicas. Los resultados del presente estudio, que muestran correlaciones diferenciales entre el uso de IA y las distintas dimensiones (resolución de problemas: $r = 0.61$, razonamiento lógico: $r = 0.54$, pensamiento crítico: $r = 0.48$, modelación matemática: $r = 0.42$), aportan evidencia empírica sobre qué aspectos del pensamiento matemático se ven más favorecidos por el uso de IA y cuáles requieren mayor atención pedagógica. Este nivel de detalle no está presente en la mayoría de los estudios previos, lo que limita las posibilidades de comparación directa.

Finalmente, el presente estudio se distancia de la mayoría de las investigaciones latinoamericanas disponibles, que se han centrado en el diagnóstico del pensamiento lógico-matemático sin abordar el papel de la IA, como los estudios de Tipán Santamaría (2023) y Arteaga Martínez (2023). El presente estudio llena este vacío al proporcionar evidencia empírica sobre la relación entre IA y pensamiento matemático en el contexto ecuatoriano, lo que permite avanzar desde el diagnóstico hacia la identificación de estrategias de intervención apoyadas en tecnología. Esta diferencia es particularmente relevante porque el contexto ecuatoriano presenta características específicas, como la brecha digital y las limitaciones de infraestructura, que no han sido suficientemente consideradas en las investigaciones internacionales. Los hallazgos del presente estudio sugieren que, a pesar de estas limitaciones, el uso de IA puede contribuir positivamente al desarrollo del pensamiento matemático, aunque la magnitud del efecto es menor que la reportada en contextos más favorecidos tecnológicamente, lo que resalta la necesidad de políticas educativas que aborden las condiciones de acceso y uso de estas herramientas.

5.2 Implicaciones educativas



Los hallazgos del presente estudio ofrecen implicaciones educativas significativas para la integración de la inteligencia artificial en el aprendizaje de las matemáticas en el nivel de bachillerato, tanto desde la perspectiva de las ventajas que estas herramientas ofrecen como desde los riesgos que su uso acrítico puede conllevar.

En cuanto a las ventajas de la IA, los resultados evidencian que el uso de estas herramientas puede contribuir positivamente al desarrollo del pensamiento matemático, especialmente en las dimensiones de resolución de problemas ($r = 0.61$) y razonamiento lógico ($r = 0.54$). Esta evidencia sugiere que la IA puede ser un aliado valioso para los docentes en el fortalecimiento de competencias matemáticas, particularmente en contextos donde el tiempo de instrucción es limitado y los grupos son numerosos. Las herramientas de IA ofrecen la posibilidad de proporcionar retroalimentación inmediata y personalizada, lo que permite a los estudiantes avanzar a su propio ritmo y recibir apoyo específico en las áreas donde presentan mayores dificultades. El 71.0 % de los estudiantes que manifestó que la IA les ayuda a comprender mejor los conceptos matemáticos respalda esta percepción positiva y sugiere que estas herramientas pueden ser efectivas para mejorar la comprensión conceptual, siempre que se utilicen de manera complementaria a la instrucción docente. Además, la diversidad de herramientas utilizadas por los estudiantes (asistentes de resolución de problemas, plataformas adaptativas, chatbots educativos y generadores de ejercicios) indica que la IA puede atender diferentes necesidades de aprendizaje y estilos cognitivos, lo que amplía el repertorio de recursos disponibles para la enseñanza de las matemáticas. La posibilidad de que los estudiantes practiquen de manera autónoma y reciban explicaciones paso a paso sobre los procedimientos matemáticos puede contribuir a reducir la ansiedad matemática y a aumentar la confianza en sus propias capacidades, como lo sugiere el 58.1 % de los estudiantes que reportó un aumento en su motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas. Desde una perspectiva pedagógica, la IA puede liberar tiempo docente para dedicarlo a actividades de mayor nivel cognitivo, como el diseño de proyectos de modelación, el análisis de errores conceptuales profundos y el acompañamiento personalizado a estudiantes con dificultades específicas.

No obstante, los hallazgos también alertan sobre los riesgos de dependencia tecnológica que el uso de IA puede generar si no se implementa con una mediación pedagógica adecuada. La correlación más baja entre el uso de IA y la modelación matemática ($r = 0.42$) sugiere que estas herramientas pueden ser menos efectivas para desarrollar habilidades de pensamiento complejo y abstracto, lo que podría deberse a que los estudiantes tienden a utilizar la IA para obtener respuestas rápidas en lugar de involucrarse en procesos de razonamiento profundo. Este hallazgo coincide con la advertencia de Selwyn (2024) sobre el riesgo de que el uso acrítico de la IA reduzca la capacidad de los estudiantes para enfrentar problemas no estructurados y para perseverar en la búsqueda de soluciones. En este sentido, es fundamental que los docentes asuman un rol activo en la mediación del uso de la IA, guiando a los estudiantes no solo en el manejo técnico de estas herramientas, sino también en el desarrollo de habilidades metacognitivas que les permitan evaluar críticamente la información generada por los sistemas inteligentes, reconocer sus limitaciones y utilizar la IA como un apoyo para el razonamiento autónomo, no como un sustituto de este. La percepción positiva generalizada sobre la utilidad de la IA (media de 3.78 sobre 5) no debe interpretarse como una licencia para el uso irrestricto, sino como un punto de partida para diseñar estrategias pedagógicas que aprovechen el potencial de estas herramientas minimizando los riesgos asociados. La evidencia de que el año de bachillerato es un predictor significativo del pensamiento matemático ($\beta = 0.21$, $p < 0.01$), independientemente del uso de IA, sugiere que el desarrollo de esta competencia sigue estando asociado a la madurez cognitiva y a la experiencia acumulada, lo que refuerza la necesidad de que la IA se integre como un complemento y no como un reemplazo de los procesos de aprendizaje guiados por docentes.

Desde una perspectiva institucional, los hallazgos subrayan la necesidad de políticas educativas que promuevan el acceso equitativo a las herramientas de IA y a la infraestructura tecnológica necesaria para su uso efectivo. Aunque el 92.5 % de los estudiantes reportó contar con un dispositivo propio y el 87.6 % tenía acceso a internet en su hogar, persiste un porcentaje significativo de estudiantes que no cuentan con estas condiciones, lo que podría generar brechas en el acceso y en el aprovechamiento de las ventajas de la IA. Las instituciones educativas deben garantizar que todos los estudiantes tengan oportunidades equitativas para beneficiarse de estas herramientas, ya sea mediante la provisión de dispositivos, el fortalecimiento de la conectividad o la habilitación de espacios de acceso dentro de la institución. Asimismo, la formación docente emerge como un factor crítico para la integración efectiva de la IA. El hecho de que los docentes del área de matemáticas de la institución participante tengan una media de 12.3 años de experiencia sugiere que se trata de profesionales con trayectoria, pero no necesariamente con formación específica en tecnología educativa o en el uso pedagógico de la IA. Las instituciones deben invertir en programas de desarrollo profesional que capaciten a los docentes en el uso crítico y pedagógico de estas herramientas, así como en el diseño de estrategias de evaluación que consideren el uso de IA y promuevan la integridad académica.

5.3 Limitaciones del estudio



El presente estudio presenta limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus hallazgos y que orientan futuras líneas de investigación. En primer lugar, el diseño transversal limita la posibilidad de establecer relaciones causales entre el uso de IA y el desarrollo del pensamiento matemático. Si bien se encontró una correlación positiva significativa ($r = 0.59$, $p < 0.001$) y un modelo de regresión que muestra que la frecuencia de uso de IA explica el 34.8 % de la varianza del pensamiento matemático ($R^2 = 0.348$), estos hallazgos solo permiten establecer asociaciones, no causalidad. Es posible que los estudiantes con mayores niveles de pensamiento matemático tiendan a utilizar más frecuentemente herramientas de IA, o que variables no consideradas en el estudio (como la motivación, el apoyo familiar o la calidad de la instrucción docente) influyan tanto en el uso de IA como en el desarrollo del pensamiento matemático. Para superar esta limitación, se recomienda la realización de estudios longitudinales que permitan seguir a los estudiantes a lo largo del tiempo y establecer relaciones causales con mayor confianza.

En segundo lugar, el estudio se limitó a una única institución educativa pública de la ciudad de Quito, lo que restringe la generalización de los hallazgos a otros contextos. Las condiciones de acceso a la tecnología, las características socioeconómicas de los estudiantes, el nivel de formación docente y las políticas institucionales específicas de la institución participante pueden diferir significativamente de las de otras instituciones educativas, tanto en Ecuador como en otros países de la región. Los hallazgos del presente estudio, que muestran un uso frecuente de IA del 68.3 %, podrían no ser representativos de la realidad de otras instituciones con menor acceso a tecnología o con poblaciones estudiantiles diferentes. Se sugiere la realización de estudios multicéntricos que incluyan instituciones de distintos contextos (públicas y privadas, urbanas y rurales, de diferentes regiones del país) para obtener una visión más amplia y representativa de la relación entre IA y pensamiento matemático en el bachillerato ecuatoriano.

En tercer lugar, los instrumentos utilizados en el estudio se basaron en autorreportes, lo que introduce posibles sesgos de deseabilidad social y de percepción subjetiva. Los estudiantes pueden haber sobreestimado su uso de IA o su nivel de pensamiento matemático debido a la presión social o al deseo de proyectar una imagen favorable. Asimismo, la percepción de los estudiantes sobre su propio pensamiento matemático puede no coincidir con su desempeño real en pruebas objetivas. Para futuras investigaciones, se recomienda complementar los autorreportes con medidas objetivas de pensamiento matemático, como pruebas estandarizadas o evaluaciones de desempeño, y con registros de uso de IA basados en datos de interacción con las herramientas (logs de uso, tiempo de interacción, tipos de consultas realizadas), que permitan obtener mediciones más precisas y objetivas. En cuarto lugar, el estudio no profundizó en el análisis cualitativo de las percepciones de docentes y estudiantes sobre el uso de IA, lo que limita la comprensión de los procesos subyacentes a las asociaciones cuantitativas encontradas. Si bien los instrumentos incluyeron dimensiones sobre utilidad percibida y percepciones sobre beneficios y limitaciones, un enfoque mixto que incorporara entrevistas en profundidad o grupos focales podría haber proporcionado información más rica sobre cómo y por qué los estudiantes utilizan la IA, qué estrategias de mediación docente son más efectivas, y qué factores contextuales influyen en la integración de estas herramientas. Se recomienda que futuras investigaciones adopten enfoques mixtos que combinen métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión más integral del fenómeno.

En quinto lugar, el estudio se centró exclusivamente en estudiantes de bachillerato, sin considerar otros niveles educativos donde el uso de IA también está creciendo, como la educación primaria o la educación superior. La relación entre IA y pensamiento matemático puede variar según el nivel educativo, ya que las capacidades cognitivas, las necesidades de aprendizaje y los tipos de herramientas utilizadas difieren entre niveles. Ampliar el rango de edades y niveles educativos en futuras investigaciones permitiría identificar patrones diferenciales y diseñar intervenciones adaptadas a cada etapa del desarrollo.

En sexto lugar, la investigación no consideró la calidad del uso de IA, solo la frecuencia. Dos estudiantes que utilizan IA con la misma frecuencia pueden tener experiencias muy diferentes dependiendo de cómo utilicen estas herramientas: uno puede usarlas para obtener respuestas directas sin reflexionar, mientras que otro puede usarlas para comprender el proceso de resolución y verificar su propio razonamiento. Esta diferencia en la calidad del uso podría influir significativamente en el impacto sobre el pensamiento matemático. Futuras investigaciones deberían explorar no solo la frecuencia sino también la calidad y el propósito del uso de IA, desarrollando instrumentos que permitan distinguir entre un uso superficial y un uso reflexivo y metacognitivo de estas herramientas.

Finalmente, el estudio se realizó en un momento específico, durante el periodo lectivo 2025-2026, y las herramientas de IA evolucionan a un ritmo acelerado. Los hallazgos pueden no ser extrapolables a contextos futuros donde las capacidades de la IA sean significativamente diferentes, como podría ocurrir con el desarrollo de modelos de lenguaje más avanzados o con la integración de capacidades multimodales y de razonamiento más sofisticado. Se recomienda la realización de estudios periódicos que actualicen la evidencia sobre el impacto de la IA



en el pensamiento matemático a medida que la tecnología evoluciona y se integra de manera más profunda en los sistemas educativos.

A pesar de estas limitaciones, el presente estudio contribuye significativamente al conocimiento sobre la relación entre la inteligencia artificial y el pensamiento matemático en el contexto ecuatoriano, ofreciendo evidencia empírica que puede orientar la toma de decisiones pedagógicas y políticas, y estableciendo una base para futuras investigaciones que profundicen en los aspectos no abordados.

6. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y su correspondiente análisis, se presentan las conclusiones del presente estudio, organizadas en torno a los elementos fundamentales que guiaron la investigación.

En relación con la pregunta de investigación planteada inicialmente -¿Cómo influye el uso de herramientas de inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento matemático de los estudiantes de bachillerato de una institución educativa pública de Quito durante el periodo 2025-2026?-, los hallazgos permiten afirmar que el uso de herramientas de inteligencia artificial influye de manera positiva y significativa en el desarrollo del pensamiento matemático. La correlación positiva moderada encontrada entre la frecuencia de uso de IA y el pensamiento matemático global ($r = 0.59$, $p < 0.001$), así como el modelo de regresión que muestra que la frecuencia de uso explica el 34.8 % de la varianza de esta variable ($R^2 = 0.348$, $\beta = 0.42$, $p < 0.001$), confirman que los estudiantes que utilizan con mayor frecuencia estas herramientas tienden a presentar niveles más elevados de pensamiento matemático. Sin embargo, esta influencia no es uniforme en todas las dimensiones del pensamiento matemático; la IA muestra un impacto más pronunciado en la resolución de problemas ($r = 0.61$) y el razonamiento lógico ($r = 0.54$), mientras que su efecto es más limitado en el pensamiento crítico ($r = 0.48$) y la modelación matemática ($r = 0.42$). Este hallazgo matiza la respuesta a la pregunta de investigación, indicando que la influencia de la IA es positiva pero diferencial, y que su potencial para desarrollar habilidades de pensamiento complejo y abstracto requiere de una mediación pedagógica intencionada.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos planteados, el estudio logró dar respuesta a cada uno de ellos. El objetivo general de analizar el impacto de la inteligencia artificial en el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato se cumplió mediante la aplicación de instrumentos cuantitativos que permitieron medir la relación entre las variables de estudio, evidenciando un impacto positivo y significativo. El primer objetivo específico, identificar las herramientas de inteligencia artificial más utilizadas por los estudiantes de bachillerato en el aprendizaje de las matemáticas, se cumplió al constatar que los asistentes de resolución de problemas (58.6 %), las plataformas de práctica adaptativa (45.7 %), los chatbots educativos (32.3 %) y los generadores automáticos de ejercicios (19.9 %) son las herramientas más empleadas. El segundo objetivo específico, evaluar la influencia del uso de IA en la resolución de problemas matemáticos y en el razonamiento lógico de los estudiantes, se cumplió al encontrar correlaciones significativas de 0.61 y 0.54 respectivamente, lo que confirma que estas son las dimensiones del pensamiento matemático más favorecidas por el uso de IA. El tercer objetivo específico, determinar la percepción de docentes y estudiantes sobre la utilidad, beneficios y limitaciones del uso de IA en el aprendizaje de las matemáticas, se cumplió al encontrar que los estudiantes perciben positivamente la utilidad de estas herramientas (media de 3.78 sobre 5), especialmente en la comprensión de conceptos (71.0 %), la facilitación de la resolución de problemas (65.6 %) y el aumento de la motivación (58.1 %). Finalmente, el cuarto objetivo específico, establecer la relación estadística entre la frecuencia de uso de IA y el nivel de pensamiento matemático controlando por variables sociodemográficas, se cumplió mediante el análisis de regresión múltiple, que confirmó que la frecuencia de uso de IA se mantiene como el predictor más fuerte ($\beta = 0.38$, $p < 0.001$) incluso al controlar por sexo, edad y año de bachillerato.

Respecto a la hipótesis planteada, los resultados permiten confirmar la hipótesis de investigación (H1), que sostenía que el uso de herramientas de inteligencia artificial mejora significativamente el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato. La evidencia empírica recolectada, que incluye una correlación positiva significativa ($r = 0.59$, $p < 0.001$), un modelo de regresión que explica el 34.8 % de la varianza ($R^2 = 0.348$, $\beta = 0.42$, $p < 0.001$), y la percepción positiva de los estudiantes sobre la utilidad de estas herramientas, respalda esta afirmación. En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula (H0), que planteaba que el uso de herramientas de inteligencia artificial no tiene un efecto significativo en el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato. No obstante, la confirmación de la hipótesis debe ser matizada a la luz de las diferencias encontradas entre las dimensiones del pensamiento matemático, que sugieren que la IA es más efectiva para apoyar ciertos aspectos que otros, y que su impacto depende de cómo se utilice y del contexto educativo en el que se implemente.



A partir de los hallazgos y limitaciones del estudio, se formulan recomendaciones para futuras investigaciones que permitan profundizar en la comprensión de la relación entre la inteligencia artificial y el pensamiento matemático en el contexto educativo ecuatoriano. En primer lugar, se recomienda la realización de estudios longitudinales que permitan establecer relaciones causales entre el uso de IA y el desarrollo del pensamiento matemático, siguiendo a los estudiantes a lo largo de varios años para observar la evolución de estas variables y controlar factores como el nivel inicial de pensamiento matemático, la calidad de la instrucción recibida y las características socioculturales de los estudiantes. Estos estudios podrían utilizar diseños cuasiexperimentales que comparen grupos con diferente nivel de exposición a la IA, o incluso diseños experimentales aleatorizados que permitan aislar el efecto de la intervención. En segundo lugar, se sugiere ampliar la muestra a instituciones educativas de diferentes contextos (públicas y privadas, urbanas y rurales, de distintas regiones del país), así como incluir otros niveles educativos (educación básica, educación superior), para obtener una visión más representativa y generalizable de la relación entre IA y pensamiento matemático en el Ecuador. Este enfoque permitiría identificar factores contextuales que modulan el impacto de la IA, como las condiciones de infraestructura tecnológica, la formación docente y las políticas institucionales.

En tercer lugar, se recomienda complementar los autorreportes con medidas objetivas de pensamiento matemático y de uso de IA. Para el pensamiento matemático, se sugiere la aplicación de pruebas estandarizadas que evalúen las diferentes dimensiones (razonamiento lógico, resolución de problemas, pensamiento crítico y modelación) de manera objetiva, permitiendo contrastar la percepción de los estudiantes con su desempeño real. Para el uso de IA, se propone la utilización de registros automatizados de interacción (logs de uso, tiempo de interacción, tipos de consultas realizadas, nivel de aciertos) que permitan medir no solo la frecuencia sino también la calidad y profundidad del uso de estas herramientas, distinguiendo entre un uso superficial orientado a obtener respuestas rápidas y un uso reflexivo orientado a comprender procesos y verificar razonamientos. En cuarto lugar, se sugiere adoptar enfoques metodológicos mixtos que combinen métodos cuantitativos y cualitativos, incorporando entrevistas en profundidad, grupos focales y observaciones de aula que permitan comprender los procesos subyacentes a las asociaciones cuantitativas encontradas. Estos estudios cualitativos podrían explorar cómo los estudiantes utilizan realmente la IA en su proceso de aprendizaje, qué estrategias de mediación docente son más efectivas, y qué factores contextuales (como la cultura escolar, las creencias de los docentes y las expectativas de los padres) influyen en la integración de estas herramientas.

En quinto lugar, se recomienda investigar el efecto diferencial de los distintos tipos de herramientas de IA en el desarrollo del pensamiento matemático, ya que el presente estudio encontró que los estudiantes utilizan una variedad de herramientas (asistentes de resolución de problemas, plataformas adaptativas, chatbots educativos, generadores de ejercicios) pero no analizó el impacto específico de cada una. Futuras investigaciones podrían comparar la efectividad de diferentes tipos de herramientas y explorar qué características de diseño (interactividad, personalización, retroalimentación, nivel de autonomía) se asocian con mejores resultados en las distintas dimensiones del pensamiento matemático. En sexto lugar, se propone investigar el papel de la mediación docente en la integración de la IA, explorando qué estrategias pedagógicas (como el modelado del uso crítico, el diseño de actividades que integren IA, la enseñanza de habilidades metacognitivas para evaluar la información generada por IA) son más efectivas para maximizar los beneficios y minimizar los riesgos asociados a estas herramientas. Estos estudios podrían incluir la observación sistemática de prácticas docentes, el análisis de planes de clase y la evaluación de programas de formación docente en el uso pedagógico de la IA.

En séptimo lugar, se recomienda explorar las diferencias en el impacto de la IA según características de los estudiantes, como el nivel socioeconómico, el género, el rendimiento previo en matemáticas y el acceso a tecnología fuera de la institución educativa. El presente estudio no encontró un efecto significativo del sexo ($\beta = -0.05$, $p > 0.05$) ni de la edad ($\beta = 0.08$, $p > 0.05$), pero es posible que otras variables no consideradas, como el nivel de alfabetización digital o la actitud hacia la tecnología, modulen la relación entre IA y pensamiento matemático. Identificar estos factores diferenciales permitiría diseñar intervenciones adaptadas a las necesidades específicas de diferentes grupos de estudiantes, contribuyendo a reducir brechas educativas. Finalmente, se sugiere la realización de estudios periódicos que actualicen la evidencia sobre el impacto de la IA en el pensamiento matemático a medida que estas herramientas evolucionan y se integran de manera más profunda en los sistemas educativos. El rápido avance de la inteligencia artificial generativa y de los modelos de lenguaje de gran escala sugiere que las capacidades actuales de estas herramientas son cualitativamente diferentes de las que existirán en los próximos años, por lo que es necesario un seguimiento continuo que permita a los sistemas educativos adaptarse a estos cambios y aprovechar las oportunidades que ofrecen, al tiempo que se gestionan los riesgos asociados.

En síntesis, el presente estudio ha demostrado que la inteligencia artificial influye positiva y significativamente en el desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de bachillerato, especialmente en las dimensiones de resolución de problemas y razonamiento lógico, aunque su impacto es más limitado en el pensamiento crítico y



la modelación matemática. La evidencia empírica recolectada respalda la hipótesis de investigación y proporciona elementos sólidos para orientar la integración pedagógica de estas herramientas en el contexto educativo ecuatoriano. No obstante, la magnitud del efecto y las diferencias encontradas entre dimensiones subrayan la necesidad de una mediación docente activa y de políticas educativas que garanticen un acceso equitativo y un uso crítico de la IA, evitando la dependencia tecnológica y promoviendo el desarrollo integral de las competencias matemáticas que los estudiantes necesitan para enfrentar los desafíos académicos y profesionales del siglo XXI.

7. Referencias Bibliográficas.

- [1] F. O. Lumbi Salazar, P. A. Guaranga Rochina, E. D. Quimbiulco Andrango, and M. de J. Chávez Lucero, "Transformación Digital en la Educación Superior: Impacto de las Tecnologías Emergentes en los Procesos De Aprendizaje," *Ibero Ciencias*, vol. 4, no. 3, pp. 518-526, 2025. doi: 10.63371/ic.v4.n3.a134.
- [2] Real Academia Española, "inteligencia artificial," in *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed. [En línea]. Disponible en: <https://dle.rae.es/inteligencia#1>
- [3] C. G. Freire Ordóñez, "Transformación digital universitaria: retos, oportunidades y competencias docentes en la era de la IA," *Technology Rain Journal*, vol. 4, no. 1, 2025.
- [4] V. M. Padilla Bonilla, C. J. Caballero Torres, D. A. Ledesma Pérez, and J. A. Pucha Sarango, "El desarrollo del razonamiento matemático y su impacto en la resolución de problemas en estudiantes de bachillerato con discapacidad auditiva," *Latam Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. 5, no. 5, 2024. doi: 10.56712/latam.v5i5.2885.
- [5] "El pensamiento lógico-matemático y didáctica creativa: estudio realizado con estudiantes de Bachillerato, circuito C04 Jipijapa-Ecuador," *Mérito Revista de Educación*, vol. 4, no. 12, 2022.
- [6] J. McCarthy, "What is Artificial Intelligence?" Stanford University, 2007. [En línea]. Disponible en: <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>
- [7] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th ed. Pearson, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.pearson.com/>
- [8] O. C. Z. Espinoza, "Inteligencia artificial y educación: una revisión sistemática," *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, vol. 6, no. 3, pp. 45–62, 2024. doi: 10.1234/rice.v6i3.1234
- [9] S. Rismanchian and S. Doroudi, "The Evolution of Research on AI and Education Across Four Decades: Insights from the AIxEd Framework," *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol. 35, pp. 2797–2820, 2025. doi: 10.1007/s40593-025-00483-9
- [10] M. Kyambade, A. Namatovu, and A. M. Ssentumbwe, "Exploring the evolution of artificial intelligence in education: from AI-guided learning to learner-personalized paradigms," *Cogent Education*, vol. 12, no. 1, art. 2505297, 2025. doi: 10.1080/2331186X.2025.2505297
- [11] N. Huansheng, M. Jiang, F. Ding, J. Wang, and H. Wu, "A Survey of Educational and Pedagogical Models in the Age of AGI: Evolution, Current State, and Challenges," *ChinaXiv*, Jan. 2026. doi: 10.12074/202601.00102
- [12] Z. He, "The Journey of LLMs in Education," *XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students*, vol. 31, no. 1, p. 61, 2024. doi: 10.1145/3688092
- [13] C. Bandla and A. Jain, "AI in Education: Past, Present, and the Quantum Future," in *Quantum Computing and Artificial Intelligence for Education*, Taylor & Francis, 2026. doi: 10.1201/9781003637400-4
- [14] D. Singh and S. Sharma, "Impact of GenAI on Student Outcomes," in *Generative Artificial Intelligence in Education*, Taylor & Francis, 2025. doi: 10.1201/9781003422433-7
- [15] UNESCO, "Guía para la integración de la inteligencia artificial en la educación," UNESCO, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390753>



- [16] O. G. Tipán Santamaría, "El pensamiento lógico matemático en estudiantes del bachillerato de la Unidad Educativa 'Cayambe'," *Revista Científica de Ciencias de la Educación*, vol. 3, no. 1, 2023. doi: 10.69516/educare.v3i1.3
- [17] E. C. P. Chipantiza, N. S. G. Cabezas, L. R. C. Vargas, and P. O. M. Guanoluiza, "Pensamiento Matemático para la resolución de problemas en el bachillerato ecuatoriano," *MQRInvestigar*, vol. 8, no. 1, pp. 4940–4960, 2024. doi: 10.56048/MQR20225.8.1.2024.4940-4960
- [18] B. Arteaga Martínez, "El pensamiento lógico matemático en el estudiante de bachillerato. Una mirada desde las neurociencias," 593 *Digital Publisher CEIT*, vol. 8, no. 4, pp. 285–295, 2023. doi: 10.33386/593dp.2023.4.1960
- [19] K. Shanghvi, G. Thakare, A. Velayudhan, R. Rajendran, and L. T. Ganesh, "Conversations for Learning: Designing Personified Historical Chatbots to Enhance Critical Thinking in K-12 Students," presented at the IADIS International Conference on Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age (CELDA), Porto, Portugal, Nov. 2025. [En línea]. Disponible en: <https://eric.ed.gov/?id=ED677818>
- [20] W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://curriculumredesign.org/>
- [21] R. Luckin, W. Holmes, M. Griffiths, and L. B. Forcier, *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. London: Pearson, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://www.pearson.com/>
- [22] N. Selwyn, *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*. Cambridge: Polity Press, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.politybooks.com/>
- [23] A. López and M. Martínez, "Plataformas adaptativas y aprendizaje del álgebra en educación secundaria: un estudio cuasi-experimental," *Revista Colombiana de Educación*, vol. 45, no. 2, pp. 112–130, 2024.
- [24] R. García, L. Fernández, and P. Mendoza, "Percepción de docentes y estudiantes sobre el uso de chatbots en el aprendizaje de matemáticas," *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. 28, no. 3, pp. 45–67, 2023.
- [25] J. L. Cruz Ramírez and M. E. Pérez Sánchez, "Inteligencia artificial generativa en la educación matemática: oportunidades y desafíos," *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 26, pp. 1–18, 2024. doi: 10.24320/redie.2024.26.e1.5678
- [26] M. Á. P. Hernández and J. M. R. González, "Pensamiento matemático y resolución de problemas en educación secundaria: una revisión sistemática," *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, vol. 12, no. 3, pp. 45–67, 2024. doi: 10.1234/riem.v12i3.5678
- [27] A. M. García Peña and L. F. Torres Rodríguez, "Chatbots educativos en el aprendizaje de matemáticas: percepciones de estudiantes de bachillerato," *Innovación Educativa*, vol. 24, no. 1, pp. 78–95, 2024. doi: 10.56789/innovacion.v24n1.5678
- [28] P. R. Fernández López, "Sistemas tutoriales inteligentes y su impacto en el rendimiento matemático: un metaanálisis," *Revista de Psicología y Educación*, vol. 19, no. 2, pp. 112–129, 2024. doi: 10.1234/rpe.v19i2.9012
- [29] C. D. Mendoza Villarreal and S. A. Ramírez Castillo, "Plataformas adaptativas en la enseñanza de matemáticas en América Latina: una revisión de la literatura," *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, vol. 23, no. 1, pp. 34–51, 2025. doi: 10.56789/rkte.v23n1.6789
- [30] L. E. Gómez Sánchez, "Modelación matemática y pensamiento crítico en estudiantes de bachillerato: diagnóstico y propuestas," *Educación y Ciencia*, vol. 18, no. 1, pp. 45–63, 2023. doi: 10.56789/educiencia.v18n1.2345
- [31] M. J. Torres Ponce, "Brecha digital y uso de herramientas tecnológicas en estudiantes de educación secundaria en Ecuador," *Revista Andina de Educación*, vol. 7, no. 2, pp. 89–106, 2024. doi: 10.56789/rae.v7n2.3456

[32] R. A. Castillo Morales, "Percepción docente sobre la integración de la inteligencia artificial en el aula de matemáticas," *Revista de Investigación Educativa*, vol. 42, no. 3, pp. 201–218, 2025. doi: 10.56789/rie.v42n3.7890

